

Völlig losgelöst ...

Parabelflüge bieten mit der kurzzeitigen Schwerelosigkeit außergewöhnliche Bedingungen für Menschen und Experimente.

Stefan Jorda



In der Morgendämmerung steht der Airbus A 300 am Flughafen in Bordeaux bereit für den knapp vierstündigen Parabelflug.

Ganz schön mulmig ist's mir, als ich mich in die Schlange vor dem Arzt einreihe. Vor und hinter mir stehen rund 40 Wissenschaftler, allesamt in blauen Fliegeroveralls. In einer halben Stunde soll der Airbus A 300 Zero-G mit uns an Bord zu einem Parabelflug starten. Die alten Hasen, die zum Teil schon einige hundert Parabeln absolviert haben, sind ganz entspannt. Dem Gros der Neulinge aber ist die Anspannung ins Gesicht geschrieben. Galgenhumor macht die Runde. Nach einer unruhigen Nacht war ich noch vor Sonnenaufgang am Flughafen Bordeaux-Merignac eingetroffen. Die Empfehlungen habe ich ernst genommen: kein Alkohol gestern Abend, ein leichtes Frühstück ohne Kaffee. Nun bin ich an der Reihe. Der Fliegerarzt reicht mir eine Scopolamin-Tablette. Dieses Alkaloid soll das Brechzentrum im Gehirn hemmen, beruhigt aber auch. „Wenn Sie merken, dass Sie schläfrig werden, melden Sie sich“, sagt der Arzt, „dann gebe ich Ihnen Koffein“. Verschlafen möchte ich den Flug wirklich nicht.

In den unscheinbaren Baracken der Firma Novespace, die den Airbus betreibt, treffen die Wissenschaftler letzte Vorbereitungen. Der Kartenausschnitt am Schwarzen Brett zeigt unser Ziel über dem Atlantik vor der Bretagne. Die Flugsicherheit wird den Linienverkehr an diesem Vormittag großräumig davon fernhalten. Eine Schlange bildet sich vor den Toiletten, die im Airbus aus nahe liegenden Gründen stillgelegt sind. Draußen geht die Sonne auf und taucht den Airbus in warmes Licht. Pünktlich um 9 Uhr schließt die Besatzung die Flugzeugtür – jetzt gibt es kein Zurück mehr. Wir rollen direkt zur Startbahn und sind Minuten später bereits in der Luft. Kaum sind die Ansnallzeichen erloschen, fahren die Wissenschaftler die Experimente hoch, die sie in der Schwerelosigkeit durchführen wollen. Fest mit dem Boden verschraubt, befinden sich diese im ausgepolsterten Laborbereich des Airbus. Insgesamt 15 Experimente aus der Material- und Grundlagenphysik, Medizin und Biologie sind bei dieser 11. Parabelflugkampagne

des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) an Bord. Ähnlich wie mit der Nutzerzeit an Großgeräten haben die Wissenschaftler zuvor beim DLR Flugzeit beantragt. „Wenn Sie ein gutes Proposal haben, sind die Chancen relativ gut, dass es genehmigt wird“, sagt Andreas Meyer vom DLR-Institut für Materialphysik im Weltraum, der zum ersten Mal mit einem Experiment an Bord ist.

„Ten minutes to the first parabola“, ertönt die Stimme von Flugkapitän Jean-Claude Bordenave aus dem Lautsprecher. Andreas Meyer und sein Team sind startklar. Sie wollen Diffusionskoeffizienten in Metallschmelzen aus Aluminium und Nickel messen, um künftig die Erstarrung von Schmelzen besser beschreiben zu können. „Die Metalle, zu denen Sie in der Literatur diese Koeffizienten finden, können Sie an einer Hand abzählen“, erklärt Meyer, „denn unter normalen Bedingungen tritt immer eine störende Konvektion aufgrund der unterschiedlichen Dichte auf.“ Er zeigt auf den neu entwickelten Ofen, in dem die ersten Proben bereits vorgeheizt sind. Während der schwerelosen Phase sollen sie aufschmelzen und wieder erstarren. Die Auswertung wird später im Labor durchgeführt. Wenn sich die Apparatur bewährt, möchte Meyer weitere Experimente mit Höhenforschungsraketen durchführen, die bis zu zwölf Minuten Schwerelosigkeit ermöglichen.

22 Sekunden freier Fall

Die Sicherheitscrew, zu erkennen an den orangefarbenen Overalls, verteilt Spucktüten. Als Neuling folge ich dem Rat, bei der ersten Parabel sitzen zu bleiben. „Ten ... five ... three, two, one“, zählt der

Kapitän den Countdown. Beim Kommando „Pull-up“ zieht er den Airbus steil nach oben. Mir bleibt fast die Luft weg, so plötzlich setzt die 1,8-fache Erdbeschleunigung ein, die mich in den Sitz presst. Jetzt bloß keinen Fehler machen! Ruhig bleiben! „Don't move your head“ hatte uns die Crew eingebläut, denn in dieser Phase ist das Gleichgewichtsorgan besonders anfällig. Ich möchte die Spucktüte nicht benutzen. Während der nächsten zwanzig Sekunden ziehen die Piloten den Airbus immer steiler nach oben, draußen kippt der Horizont weg.⁺⁾ „Thirty, forty“ sagt der Kapitän den Steigungswinkel an. Bei einem Winkel von 47 Grad und dem Kommando „Injection“ nimmt der Flugingenieur den Schub aus den Turbinen: Der eine oder andere leise Aufschrei ist zu hören, als die Schwerkraft fast schlagartig aussetzt. Ich schwebe über dem Sitz, nur der Gurt hält mich zurück. Vor mir tanzt meine Kamera, von der Schlaufe an meinem Handgelenk gehalten. Neben mir hängt ein Mitglied der Sicherheitscrew ganz entspannt unter der Decke. Der rund 130 Tonnen schwere Airbus folgt nun einer Wurfparabel. Gemeinsam mit ihm „fallen“ Passagiere und Experimente – ähnlich wie ein nach oben geworfener Ball – in den nächsten elf Sekunden 1000 Meter nach oben. Dann senkt sich die Flugzeugnase, und nach weiteren elf Sekunden und bei einem 42 Grad



T. Gemsa

Eine ungewohnte Perspektive: der Blick aus dem Fenster während des Sturzflugs, kurz vor dem Ende einer Parabel.

steilen Sturzflug ertönt das Kommando „Pull-out“. Der Pilot fängt die Maschine in einer zweiten 1,8-g-Phase ab, bevor der Airbus auf 6000 Meter Höhe in den Horizontalflug übergeht. Die Klimaanlage bläst frische Luft in die Kabine, ich schnalle mich ab und atme tief durch. Die erste Parabel habe ich gut überstanden – die erste von 30 weiteren in den nächsten drei Stunden.

Neben Parabelflügen und Raketen bieten auch Falltürme, Satellitenmissionen und natürlich die Internationale Raumstation ISS die Möglichkeit, Experimente in der Schwerelosigkeit durchzuführen. „Der große Vorteil der Parabelflüge ist jedoch, dass die Wissenschaftler ihre eigenen Geräte aus dem Labor mitbringen können“, hatte mir Ulrike Friedrich, die beim DLR für die Parabelflugkampagnen verantwortlich ist, vor dem Flug erklärt: „Außerdem können sie ihre Experimente selbst durchführen und diese direkt beurteilen bzw. eingreifen.“ Dabei gehen sie allerdings auch das Risiko ein, dass ihnen das Auf und Ab nicht bekommt. Andreas Meyer hat damit kein Problem: „Ich vertrag's wunderbar, mein Magen ist trainiert von der Achterbahn auf dem Oktoberfest.“

Markus Thoma aus der Arbeitsgruppe von Gregor Morfill vom Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik in Garching hat in seinem Team jedoch einen Ausfall zu beklagen: Während Thoma bereits an der fünften Kampagne teilnimmt, geht es seinem Inge-



T. Gemsa

Markus Thoma mit seinem Team an dem Experiment mit staubigen Plasmen.

^{+) Ein Video, das den Blick aus dem Fenster zeigt, ist unter www.physik.de/Phy/leadArticle.do?laid=10269 zu finden.}

Der Autor bei einer „Turnstunde“ in der abgetrennten *free floating zone*, in der diese Flugübungen möglich sind, ohne die Experimente zu gefährden.



T. Gemsa

nieur bereits nach den ersten Minuten schlecht. Betreut vom Flugarzt muss er jetzt die nächsten zwei Stunden durchhalten ... „Eigentlich brauchen wir drei Leute, um unser Experiment zu steuern“, sagt Thoma, „denn wir müssen zwischen den Parabeln häufig die Einstellungen verändern, was zu zweit schwierig ist“. Dadurch gehen ihm einige Parabeln für sein Experiment verloren. Dieses beschäftigt sich mit sog. staubigen Plasmen, die Modellsysteme sind für so vielfältige Themen wie die Struktur der Saturnringe oder das Plasmaätzen in der Mikroelektronik. Thoma zeigt auf eine Glasröhre in dem hermetisch abgeschlossenen Experiment. „Da drin brennt das Neonplasma, ähnlich wie in einer Neonröhre“, erklärt er, „und aus diesen Reservoirs werden zu Beginn jeder 0-g-Phase kleine Plastikkügelchen in die Röhre gepustet oder reingeschüttelt.“ Die Kügelchen laden sich dabei stark auf und wechselwirken miteinander – ohne die störende Schwerkraft. Ein roter Laser beleuchtet die Kügelchen, die zwei Kameras filmen. Später werden die Aufnahmen zuhause ausgewertet. Thoma interessiert sich insbeson-

dere für den kritischen Punkt beim Übergang von einer gasförmigen zur flüssigen Phase der Kügelchen. „Die Parabelflüge dienen uns jedoch im Wesentlichen zur Vorbereitung“, sagt er, „denn klein und kompakt soll das Experiment 2010 auf die ISS kommen.“ Eines der Vorläuferexperimente war das erste wissenschaftliche Experiment überhaupt auf der ISS, mit dem anderen hat Thomas Reiter 2006 experimentiert.

Alarm im Cockpit

Während die Wissenschaftler Parabel um Parabel nutzen, um ihre Experimente durchzuführen und Daten aufzuzeichnen, entschlief ich mich zu einem Ad-hoc-Experiment und lasse die Kamera an der Halteschleife pendeln. Und siehe da: Während der 1,8-g-Phase pendelt sie deutlich schneller hin und her als unter der normalen Schwerkraft. Subjektiv wesentlich beeindruckender ist die enorme Anstrengung, die es kostet, während dieser Phase den Fuß vom Boden zu heben oder gar eine Kniebeuge zu machen.

Eine der nächsten Parabeln verbringe ich im Cockpit. Bei der Crew herrscht angespannte Konzentration. Aufgrund des Luftwiderstands und der Turbulenzen in der Atmosphäre beschreibt der Airbus keine exakte Parabel. Die beiden Testpiloten müssen daher die Flugbahn laufend durch kleine Lenkbewegungen korrigieren, um die Restbeschleunigung im Bereich von wenigen hundertstel g zu halten. Hinterher stellt Novespace den Experimentatoren eine genaue Aufzeichnung der tatsächlich aufgetretenen Beschleunigungen zur Verfügung. Den Blick fest auf Beschleunigungssensoren gerichtet, führt Kapitän Bordenave kleine Manöver um die Querachse aus. Eine Metallschiene an der Lenksäule verhindert, dass er ungewollt auch die Längsachse steuert, für die der ehemalige italienische Astronaut Maurizio Cheli zuständig ist. Nach dem Scheitelpunkt der Parabel sehe ich uns direkt auf das Wolkenmeer zustürzen. Die Flugbahn wird noch steiler, ein durchdringender Alarm ertönt. Da endlich gibt der Kapitän das Kommando Pull-out und fängt die Maschine routiniert wieder ab.

Kurz nach Mittag zeigt das große Display in der Kabine „31“ an: Die letzte Parabel ist geflogen. Während die Wissenschaftler ihre Experimente herunterfahren, verteilt die Sicherheitscrew Wasserflaschen. Die Atmosphäre ist gelöst, auch wenn es einige Pannen gab wie das vergessene Abspeichern von Daten oder eine lockere Mutter, die sich in einer Apparatur selbstständig gemacht hat. Gegen 13 Uhr landen wir sicher in Bordeaux. „Und, wie war's?“ löchern uns die „Reservisten“, die erst morgen fliegen werden, als wir die Treppe hinab steigen. „Großartig, unvergesslich!“ sind wir uns einig.

Kopilot Maurizio Cheli hat Seilschlaufen über die Lenksäule gelegt und führt damit während der Parabeln kleine Korrekturen um die Längsachse aus.



S. Jorda